



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิจัยและพัฒนากาเกษตร)

ปริญญา

วิจัยและพัฒนากาเกษตร

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร

The Effects of Feeding Cassava Pulp on Pig Performance and Carcass Quality

นามผู้วิจัย นางสาวพรทิมล ตนสิงห์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก (รองศาสตราจารย์เนรมิตร สุขมณี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม (ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตรมางกูร, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา (รองศาสตราจารย์วรวิทย์ ศิริพลวัฒน์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร

The Effects of Feeding Cassava Pulp on Pig Performance and Carcass Quality

โดย

นางสาวพรทิมล ตนสิงห์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิจัยและพัฒนากาเกษตร)

พ.ศ. 2551

พรทิมล ดนสิงห์ 2551: ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพ
ซากของสุกร ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิจัยและพัฒนาการเกษตร) สาขาวิจัยและ
พัฒนาการเกษตร โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์เนรมิตร สุขมณี, Ph.D. 55 หน้า

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณโภชนะ ความสามารถในการย่อยได้ และ
ค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังใน สุกรระยะเล็กน้ำหนัก 30 กิโลกรัม และ
ระยะรุ่นน้ำหนัก 60 กิโลกรัม และผลการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต
คุณภาพซากของสุกร และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ผลการศึกษาพบว่า กากมันสำปะหลังมี
ความชื้น โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก เท่ากับ
10.40, 2.36, 16.06, 0.26, 4.59, 1.11, 0.06 และ 66.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าพลังงานรวม
เท่ากับ 4,178 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน เยื่อใย และค่าพลังงานการใช้
ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรเล็ก เท่ากับ 70.96, 64.45, 62.71 เปอร์เซ็นต์ และ
2,553 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ และ 72.83, 69.63, 65.97 เปอร์เซ็นต์ และ 2,767 กิโลแคลอรี/
กิโลกรัมตามลำดับ ในสุกรรุ่น ส่วนการศึกษาถึงผลการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถภาพ
การผลิต และคุณภาพซากสุกร พบว่าการใช้กากมันสำปะหลังในระดับ 20, 30, 40 เปอร์เซ็นต์ใน
อาหารสุกรระยะเล็ก รุ่น และขุน ทำให้ปริมาณการกินอาหารต่อวัน อัตราการเจริญเติบโต อัตรา
การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และคุณภาพซากของสุกร แตกต่างกับกลุ่มสุกรที่ไม่ใช้กากมัน
สำปะหลังในสูตรอาหาร อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ
พบว่าสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงกลุ่มสุกรดังกล่าวมีต้นทุนค่าอาหารต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลัง
เท่ากับ 0.56, 0.34 และ 0.39 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก
ตัว 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังเท่ากับ 0.84 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นสามารถ
ใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในอาหารสุกรได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต และ
คุณภาพซากสุกร อีกทั้งยังมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ในขณะที่ทำการศึกษา แต่การเลือกใช้กาก
แป้งมันสำปะหลัง ในสูตรอาหารต้องคำนึงถึงเมทริกซ์ของราคาวัตถุดิบในชุดวัตถุดิบที่เลือกใช้
มาคำนวณสูตรอาหารในแต่ละครั้งของการคำนวณด้วย

Porntimon Tonsing 2008: The Effects of Feeding Cassava Pulp on Pig Performance and Carcass Quality. Master of Science (Agricultural Research and Development), Major Field: Agricultural Research and Development, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Neramit Sookmanee, Ph.D. 55 pages.

The objectives of this study were to determine the nutritional value digestibility and utilization of cassava pulp and to investigate the economic advantage and carcass quality when used in rations pig diets. The results demonstrated that the percentage of dry matter (DM), crude protein (CP), crude fiber (CF), fat, ash, calcium, phosphorus and nitrogen free extract (NFE) of cassava pulp were 10.40, 2.36, 16.06, 0.26, 4.59, 1.11, 0.06 and 66.33 percent, respectively and cassava pulp had gross energy of 4,178 kcal/kg. The result of the experiment on 30 kg body weight barrow pigs showed that availability of DM, CP and CF were 70.96, 64.45 and 62.71 percent, respectively. The availability of DM, CP and CF in grower diet for 60 body weight were 72.83, 69.63 and 65.97 percent, respectively. Metabolizable energy of cassava pulp on 30 and 60 kg body weight were 2,553 kcal/kg and 2,767 kcal/kg, respectively. In addition, it was demonstrated that feeding cassava pulp has no impact on growth performance. Daily feed intake, average daily gain, feed conversion ratio and carcass quality did not differ between cassava pulp and non- cassava pulp fed pigs. For the economic advantage, it was found that starting, growing and finishing pigs fed with 20, 30 and 40 percent of cassava pulp diet respectively, could reduced cost of the diet to the amount of 0.56, 0.34 and 0.39 baht/kg compared to the diet without cassava pulp. Therefore, every 1 kilo-gram increasing pig weight cost 0.84 baht less than that of non- cassava pulp diet. In conclusion, cassava pulp can be used as raw materials in pig diet because it has no impact on growth performance and carcass quality and has potential for economic advantage due to the raw material price at the time studied. However, matrix of all raw materials price causes considerable effect to formula calculation.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รศ.ดร.เนรมิตร สุขุมณี ประธานกรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.เสกสม อาตมางกูร กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาชี้แนะแนวทาง
ให้คำปรึกษา และความใส่ใจเป็นอย่างยิ่งตลอดระยะเวลาในการเรียน และการทำวิจัย ตลอดจน
ผศ.ดร.บุเรศ เรืองพานิช รศ.ดร.รณชัย ลิทธิไกรพงษ์ และ ผศ.ดร.นสพ.เดชฤทธิ์ นิลอุบลที่ได้
กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณวัชร เดชะสัตยา กรรมการบริษัท วิ.ซี.เอฟ.กรุ๊ป จำกัด ที่กรุณามอบทุน
ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รวมทั้งน้องๆ และเพื่อน พนักงานของบริษัท วิ.ซี.เอฟ.กรุ๊ป
จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือในระหว่างการทำทดลอง

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ ย่า ที่เป็นแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อในครั้งนี้
และขอขอบพระคุณ คุณกฤษณรงค์ หิรัณยรัชต์ คุณมาลัยอร หิรัณยรัชต์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์
มนทนา รุจิระศักดิ์ ที่ได้ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา

พรทิมล ดนสิงห์

ตุลาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	13
อุปกรณ์	13
วิธีการ	14
ผลและวิจารณ์	26
สรุปและข้อเสนอแนะ	39
สรุป	39
ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	41
ภาคผนวก	46
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	55

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณการส่งออกสินค้ามาตรฐานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังตามใบรับรองมาตรฐานสินค้า	4
2	เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่น	7
3	องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง	8
4	สูตรอาหารสุกรระยะเล็ก และสุกรระยะรุ่นที่ใช้ในการทดลองที่ 1	15
5	ส่วนประกอบ คุณค่าทางโภชนา และราคาของสูตรอาหารทดลองสำหรับสุกรระยะเล็ก (น้ำหนัก 25 - 50 กิโลกรัม) ที่ใช้ในการทดลองที่ 2	20
6	ส่วนประกอบ คุณค่าทางโภชนา และราคาของสูตรอาหารทดลองสำหรับสุกรระยะรุ่น (น้ำหนัก 50 - 80 กิโลกรัม) ที่ใช้ในการทดลองที่ 2	21
7	ส่วนประกอบ คุณค่าทางโภชนา และราคาของสูตรอาหารทดลองสำหรับสุกรระยะขุน (น้ำหนัก 80 - 105 กิโลกรัม) ที่ใช้ในการทดลองที่ 2	22
8	ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหาร	23
9	ส่วนประกอบทางโภชนาของกากมันสำปะหลังจากการวิเคราะห์	27
10	แสดงค่าการย่อยได้ และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรเล็ก (น้ำหนัก 30 กิโลกรัม)	28
11	แสดงค่าการย่อยได้ และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรรุ่น (น้ำหนัก 60 กิโลกรัม)	28
12	แสดงสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก (น้ำหนัก 25 - 50 กิโลกรัม)	30
13	สมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก (น้ำหนัก 50 - 80 กิโลกรัม)	31
14	แสดงสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะขุน (น้ำหนัก 80 - 105 กิโลกรัม)	32
15	แสดงสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะขุน (น้ำหนัก 25 - 105 กิโลกรัม)	33
16	แสดงลักษณะคุณภาพซากของสุกรที่ได้รับกากมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ ตลอดการทดลองทั้ง 3 ระยะ	35
17	ราคาอาหารแต่ละระยะการทดลองเมื่อใช้กากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ	37
18	ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรที่ได้รับกากมันสำปะหลังในสูตรต่าง ๆ	38

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ปริมาณอาหารที่กิน (ADFI) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของสุกรเล็กที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน	52
2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ปริมาณอาหารที่กิน (ADFI) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของสุกรรุ่นที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน	52
3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ปริมาณอาหารที่กิน (ADFI) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของสุกรขุนที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน	53
4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ปริมาณอาหารที่กิน (ADFI) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของสุกรตลอดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน	53
5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันสันหลัง (BF) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (LEA) และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (LP) ของสุกรได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน	54

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1 แสดงกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

10

ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร

The Effects of Feeding Cassava Pulp on Pig Performance and Carcass Quality

คำนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารสัตว์กำลังเกิดวิกฤตด้านวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาสูงขึ้นเนื่องจากความต้องการในตลาดโลกมากขึ้น ภัยธรรมชาติ และจากราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการขนส่งวัตถุดิบ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาวัตถุดิบอื่นมาทดแทน เพื่อลดต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ลง ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวต้องมีราคาถูก และหากเป็นวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมจะยิ่งมีประโยชน์มากขึ้น กากมันสำปะหลัง (cassava pulp) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง จากการนำหัวมันสดประมาณ 10 ล้านตัน/ปี เข้าสู่กระบวนการสกัดแป้งจะมีกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นผลพลอยได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 ล้านตัน/ปี หรือเหลือกากมันสำปะหลังสดประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ กากมันสำปะหลังมีความชื้นสูง ประมาณ 75-80 เปอร์เซ็นต์ของกากมันสำปะหลังสด เป็นอุปสรรคในการขนส่ง และกำจัด ถ้าทิ้งไว้นานจะส่งกลิ่นเน่าและเหม็น ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหา โดยการนำกากมันสำปะหลังมาทำให้แห้ง และนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งกากมันสำปะหลังแห้งมีระดับเยื่อใยสูงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังคงมีปริมาณแป้งเหลืออยู่ค่อนข้างมาก ประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสุกร เท่ากับ 3,027 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (สุกัญญา, 2546) ดังนั้นกากมันสำปะหลังยังคงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ได้

ดังนั้นการศึกษการใช้กากมันสำปะหลังเป็นอาหารสุกรจึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการหาแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ราคาถูกมาใช้ทดแทนแหล่งเดิมซึ่งมีราคาแพง และสามารถให้ผลผลิตเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตด้านอาหารแล้ว ยังเป็นการช่วยลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง จึงได้ทำการวิจัยหาวิธีการนำกากมันสำปะหลังไปเป็นวัตถุดิบในอาหารสุกร เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้กากมันสำปะหลังระดับต่างๆ ในอาหารที่มีผลต่อลักษณะทางเศรษฐกิจของสุกร ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และคุณภาพซาก รวมทั้งศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของการใช้กากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรที่ระดับต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาส่วนประกอบทางเคมี ความสามารถในการย่อยได้ และค่าการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรระยะเล็ก และระยะรุ่น
2. เพื่อศึกษาผลการใช้กากมันสำปะหลังระดับต่างๆ ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกร
3. เพื่อศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของการใช้กากมันสำปะหลังเป็นส่วน ประกอบในสูตรอาหารสุกรระยะเล็ก ระยะรุ่น และระยะขุน ที่ระดับต่างๆ กัน

การตรวจเอกสาร

ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตอาหารโปรตีนประเภทเนื้อสัตว์โดยเฉพาะสุกร ซึ่งมีการเลี้ยงเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ได้รายงานไว้ว่าในปี 2549 มีปริมาณการผลิตสุกรทั้งสิ้น 11,009,809 ตัว เพิ่มขึ้นจากปี 2548 ร้อยละ 2.37 มีการส่งออกสุกรในรูปของสุกรมีชีวิต รวมมูลค่าทั้งสิ้น 92.62 ล้านบาท นอกจากนี้ไทยยังมีวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงาน เช่น ปลาข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลังที่สามารถผลิตได้เอง และยังสามารถส่งออกได้อีกด้วย โดยในปี 2548 ไทยส่งออกอาหารสัตว์ที่ผสมแล้ว 51,341 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,697.76 ล้านบาท ซึ่งประเทศที่นำเข้าอาหารสัตว์จากไทยมากที่สุด คือ ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย จีน และอเมริกา ตามลำดับ มันสำปะหลังเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่ได้มีการนำมาใช้ทดแทนธัญพืชในอาหารสัตว์มาก่อนช้านาน พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยเฉลี่ย 6-7 ล้านไร่ โดย 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่ภาคตะวันออกถึงเหนือ จังหวัดที่ปลูกมาก คือ นครราชสีมา อีกพื้นที่หนึ่ง คือ ภาคตะวันออกมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 20-30 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมด จังหวัดที่ปลูกมาก คือ ชลบุรี การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสามารถเก็บได้ทั้งปี และ มันสำปะหลัง มีข้อดี คือ ในช่วงที่ราคามันสำปะหลังไม่ดีก็ยังไม่ขาดทุนขึ้นมา ประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ จะเก็บในช่วงเดือนตุลาคม-เมษายน ที่เหลือ 20-30 เปอร์เซ็นต์ จะเก็บในช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคม ในปีเพาะปลูก 2549/50 ประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง 6,479,860 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 5.16 และได้ผลผลิต 2,957 กิโลกรัมต่อไร่ เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 7.57 (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

สำหรับการผลิตมันสำปะหลังสามารถแยกได้ 3 รูปแบบใหญ่ คือ การผลิตมันเส้นไปทำเอทานอล การผลิตมันเส้นเป็นอาหารสัตว์ และการผลิตเพื่อทำแป้งมันสำปะหลัง โดยมีการแปรรูปเป็นมันเส้น (cassava chip) 40 เปอร์เซ็นต์ มันอัดเม็ด (cassava pellet) 37 เปอร์เซ็นต์ และแป้งมันสำปะหลัง (cassava flour) 20 เปอร์เซ็นต์ ไทยส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากที่สุดในโลก ประมาณ 5.56 ล้านตัน มูลค่าเกือบ 30,000 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2549 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) และในส่วนของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง ถ้าหากพิจารณาจากปริมาณการส่งออก (ตารางที่ 1) จะให้เห็นว่าปริมาณการผลิตแป้งมันสำปะหลังในอนาคตจะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดยกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังตามขั้นตอนการผลิตนอกจากเนื้อแป้งซึ่งนำไปใช้เป็นอาหารคน และในอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหารแล้ว ยังมีผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นอีกหลายชนิด และมีปริมาณมาก รวมทั้งกากมันสำปะหลังก็เป็นผลพลอยได้ส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยในกระบวนการผลิตจะมีกากมันสำปะหลังประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 ปริมาณการส่งออกสินค้ามาตรฐานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังตามใบรับรองมาตรฐาน
สินค้า

(ปริมาณ : เมตริกตัน)

ปี	มันอัดเม็ด	มันเส้น	แป้งมันสำปะหลัง
2547	1,976,069.02	2,574,575.64	430,393.25
2548	258,592.00	2,748,281.96	1,977,465.54
2549	360,575.00	3,937,673.64	1,762,668.50
ปี 2549(ม.ค.-ก.ค.)	162,913.00	2,265,493.70	906,080.12
ปี 2550(ม.ค.-ก.ค.)	928,355.10	2,503,327.62	987,333.98

ที่มา: สำนักมาตรฐานสินค้านำเข้าส่งออกกรมการค้าต่างประเทศ (2550)

กากมันสำปะหลัง

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีผลพลอยได้หลายชนิด ดังรายละเอียดที่จะกล่าว
ดังนี้

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังที่ได้ทำการเก็บเกี่ยวแล้ว จะถูกนำเข้าสู่โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง และผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ ปัจจุบันกระบวนการผลิตได้ใช้วิธีการแบบใหม่ เป็นกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังที่โรงงานขนาดใหญ่ และขนาดกลางใช้กันอยู่ โดยใช้ระบบแรงเหวี่ยง มีการใช้เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ทันสมัย มีการม่ด้วยลูกม่ และแยกโปรตีนโดยเครื่อง Decanter เสร็จแล้วแยกน้ำแป้งด้วยเครื่องเหวี่ยงใส และอบแห้งด้วยเตาน้ำมันได้แป้งบริสุทธิ์คุณภาพดี ใช้เวลาในการผลิตน้อย แป้งที่ได้เรียกว่า “Tapioca Starch” หรือ “Raw Starch” หรือ “Native Starch” ในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังมีทั้งหมด 9 ขั้นตอนตามลำดับต่อไปนี้ (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2546)

1. ชั่งน้ำหนัก และวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง

2. ส่งเข้าเครื่องร่อนดินทราย (Sieving and Washing) เป็นการชำระล้างทราย และหินที่ติดมากับมันสำปะหลังก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนถ่ายมันสำปะหลังลงบนสายพาน เพื่อเข้าสู่เครื่องร่อนทราย ในระหว่างขนย้ายบนสายพาน จะมีพนักงานทำการสับเหง้าของหัวมันสำปะหลัง เนื่องจากเหง้าของหัวมันสำปะหลังเป็นอุปสรรคในการโม่หัวมัน หลังจากนั้นน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจะถูกส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย

3. เครื่องโม่หัวมัน (Rasping) หลังจากมันสำปะหลังผ่านกระบวนการทำความสะอาดแล้ว หัวมันสำปะหลังจะถูกนำเข้าสู่เครื่องโม่หัวมัน โดยมันสำปะหลังจะถูกสับเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมรวมกับน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต ก่อนที่จะถูกส่งไปยังเครื่องแยกกาก

4. เครื่องแยกกากหยาบ (Coarse Extractor) เครื่องแยกกากหยาบจะทำการแยกกากมันสำปะหลังที่ไม่ได้ใส่ออกจากน้ำแป้ง โดยน้ำแป้งที่ได้จากเครื่องโม่หัวมัน จะผ่านเครื่องแยกกากหยาบ 2 ครั้ง กากหยาบที่ได้จากกระบวนการผลิตนี้จะถูกส่งต่อไปยังโรงอัดกาก

5. เครื่องแยกกากละเอียด (Fine Extractor) น้ำแป้งหลังจากผ่านเครื่องแยกกากหยาบมาแล้วนั้น ยังมีเยื่อของมันสำปะหลัง หรือกากอ่อนรวมอยู่ในน้ำแป้ง ซึ่งจะทำให้ น้ำแป้งที่ได้มีคุณภาพไม่ดี ดังนั้นน้ำแป้งหลังจากผ่านเครื่องแยกกากหยาบมาแล้ว จะถูกนำมาผ่านเครื่องแยกกากละเอียดอีกครั้งหนึ่ง น้ำแป้งที่ผ่านกระบวนการแยกกากละเอียด จะถูกนำมาปรับความเข้มข้น และความบริสุทธิ์ โดยการผ่านเครื่องแยกน้ำ (Separator) 2 ครั้ง

6. เครื่องสลัดแป้ง (Centrifugal) น้ำแป้งที่ได้จะไหลเข้าสู่เครื่องสลัดแป้ง ซึ่งจะทำให้การแปรสภาพน้ำแป้ง เป็นแป้งหยาบ

7. เครื่องอบแห้ง (Flash Drying) แป้งหยาบจะถูกลำเลียงตามสายพานเข้าสู่เครื่องอบแห้ง เพื่อผ่านลมร้อน ทำให้แป้งหยาบมีความชื้นลดลง จากนั้นก็จะทำให้เย็นลง แล้วส่งผ่านไปตามไซโลไปยังเครื่องร่อนแป้ง ซึ่งปัจจุบันเครื่องอบแห้งใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง

8. เครื่องร่อนแป้ง (Sieve) แป้งที่ผ่านเครื่องอบแห้งจะถูกนำมาผ่านเครื่องร่อนแป้ง เพื่อคัดขนาดเม็ดแป้ง ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ

9. เครื่องบรรจุแป้ง แป้งที่ผลิตได้จะถูกนำมาบรรจุใส่ถุงขนาด 25, 50, 500 หรือ 1,000 กิโลกรัม แล้วแต่คำสั่งของลูกค้า ซึ่งขนาดบรรจุปัจจุบันส่วนใหญ่ที่บริษัทใช้ ได้แก่ ขนาด 500 กิโลกรัม

ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง และการนำไปใช้ประโยชน์

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ทำให้เกิดผลพลอยได้ในขั้นตอนต่างๆ ได้แก่

1. เปลือกดิน (Tails and stalk) เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการนำหัวมันสดเข้าสู่เครื่องร่อนทรายออก ซึ่งจะประกอบไปด้วย ส่วนของดิน เปลือกฝวอก หัวมันที่หัก เศษมันขนาดเล็ก และเหง้า หรือข้อของมันสำปะหลัง ที่มีความแข็งที่ถูกตัดออกโดยอาศัยแรงงานคน
2. เปลือกล้าง (Cassava peel) เป็นผลพลอยได้จากขั้นตอนที่หัวมันเข้าสู่เครื่องล้าง ที่ทำหน้าที่ในการลอกเปลือกมันสำปะหลัง โดยส่วนนี้เป็นส่วนที่มีเนื้อมันติดมาบ้างเล็กน้อย และความสะดวกมีดินปนอยู่น้อย
3. กากมันสำปะหลัง (Cassava pulp) เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนที่หัวมันสำปะหลังผ่านการล้าง และลอกเปลือกแล้ว ผ่านเข้าสู่เครื่องโม่ละเอียด ส่งเข้าเครื่องแยกกากออกจากน้ำแป้ง กากของหัวมันสำปะหลังที่ได้จะถูกส่งไปยังลานตาก ส่วนของกากมันสำปะหลังหลังนี้ประกอบด้วย ส่วนของเยื่อใย และแป้งที่ไม่สามารถสกัดให้ออกไปจากหัวมันได้หมด โดยผลพลอยได้ในส่วนนี้ อมรเดช และ เพ็ญจิตร (2542) ได้กล่าวว่า เมื่อใช้หัวมันสด 47.8 ตัน จะได้กากมันสำปะหลัง 12.86 ตัน คิดเป็น 26.90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปัญหาสำหรับโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ต้องหาวิธีการกำจัดทิ้ง หรือหาแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์

คุณค่าทางโภชนา และองค์ประกอบทางเคมี

คุณค่าทางโภชนา และองค์ประกอบทางเคมี เป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณา เพื่อชี้ให้เห็นถึงคุณภาพ และเป็นแนวทางพิจารณาในการนำไปใช้ประโยชน์ จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า กากมันสำปะหลังแห้งมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ วัตถุแห้ง 94-95 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.7-3.8 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ 1.5-1.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.12-0.27 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 12-15 เปอร์เซ็นต์ และแป้ง 69-77.5 เปอร์เซ็นต์ (สุกัญญา, 2546; พिरพจน์, 2547; Siroth *et al.*, 2000) และองค์ประกอบจาก

ระบบการวิเคราะห์เยื่อใย (Detergent fiber analysis) มีเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber; NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF) อยู่ 25.65 และ 17.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ฟิรพจน์, 2547) เมื่อเปรียบเทียบกากมันสำปะหลังกับ แหล่งวัตถุดิบพลังงานชนิดอื่น ได้แก่ มันเส้น ข้าวโพดบด และปลายข้าว พบว่ากากมันสำปะหลังแห้ง มีเยื่อใยอยู่ในระดับที่สูงกว่าแหล่งวัตถุดิบพลังงานที่ใช้โดยทั่วไป ในขณะที่มีโปรตีนหยาบอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตาม กากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบที่สามารถละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral detergent soluble; NDS = 100 - %NDF) ซึ่งองค์ประกอบส่วนนี้เป็นส่วนที่เป็นแป้งเป็นส่วนใหญ่ (ตารางที่ 2) และจากการศึกษาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรรุ่น และขุนของสุกัญญา (2546) พบว่า การย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังอยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ตารางที่3) จากคุณค่าทางโภชนา และองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังที่ได้กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่ากากมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตทางด้านอาหารสัตว์ได้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่น

ส่วนประกอบทางเคมี (%)	กากมันสำปะหลัง	มันเส้น	ข้าวโพดบด	ปลายข้าว
วัตถุแห้ง	94.21	90.58	93.68	93.58
โปรตีนหยาบ	1.64	1.49	7.90	7.68
เถ้า	1.79	6.98	1.56	0.82
NDF	25.65	8.83	10.49	1.44
NDS	74.35	91.17	89.51	98.56
ADF	17.79	8.04	4.09	0.63

ที่มา: ฟิรพจน์ (2547)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์
วัตถุแห้ง	95.25
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3,872
โปรตีน	1.59
เยื่อใย	12.02
ไขมัน	0.27
เถ้า	3.84
แคลเซียม	0.56
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.3

ที่มา: สุกัญญา (2546)

การใช้อากมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์

การนำกากมันสำปะหลังไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นต้องคำนึงถึงสารพิษที่ยังคงตกค้างอยู่ คือ สารไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ (cyanogenic-glycoside) ซึ่งปกติพบ 2 ชนิด คือ ลินามาริน (linamarin) และโลแทนสตราลิน (lotanstralin) ตกค้างอยู่ โดยสาร 2 ชนิดนี้ เมื่อผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสจะปลดปล่อยไฮโดรไซยาไนด์ (hydrocyanide; HCN) ออกมา และหากมีมากเกินไป 100 ppm จะเป็นพิษต่อสุกร แต่ในสัตว์สามารถลดพิษไซยาไนด์ได้ โดยการทำงานของเอนไซม์ไรโดนาส (rhodanase enzyme) ซึ่งการทำงานของเอนไซม์ตัวนี้ต้องการซัลเฟอร์ (sulfur) จากเมไธโอนีน (methionine) ดังนั้นหากมีเมไธโอนีนไม่เพียงพอ กระบวนการลดพิษของไซยาไนด์จะดำเนินไปได้ไม่เต็มที่ (Oke, 1978) นอกจากนี้ Twe and Egbunike (2006) ยังกล่าวถึงวิธีการทำให้สารไซยาไนด์สลายตัว ดังต่อไปนี้

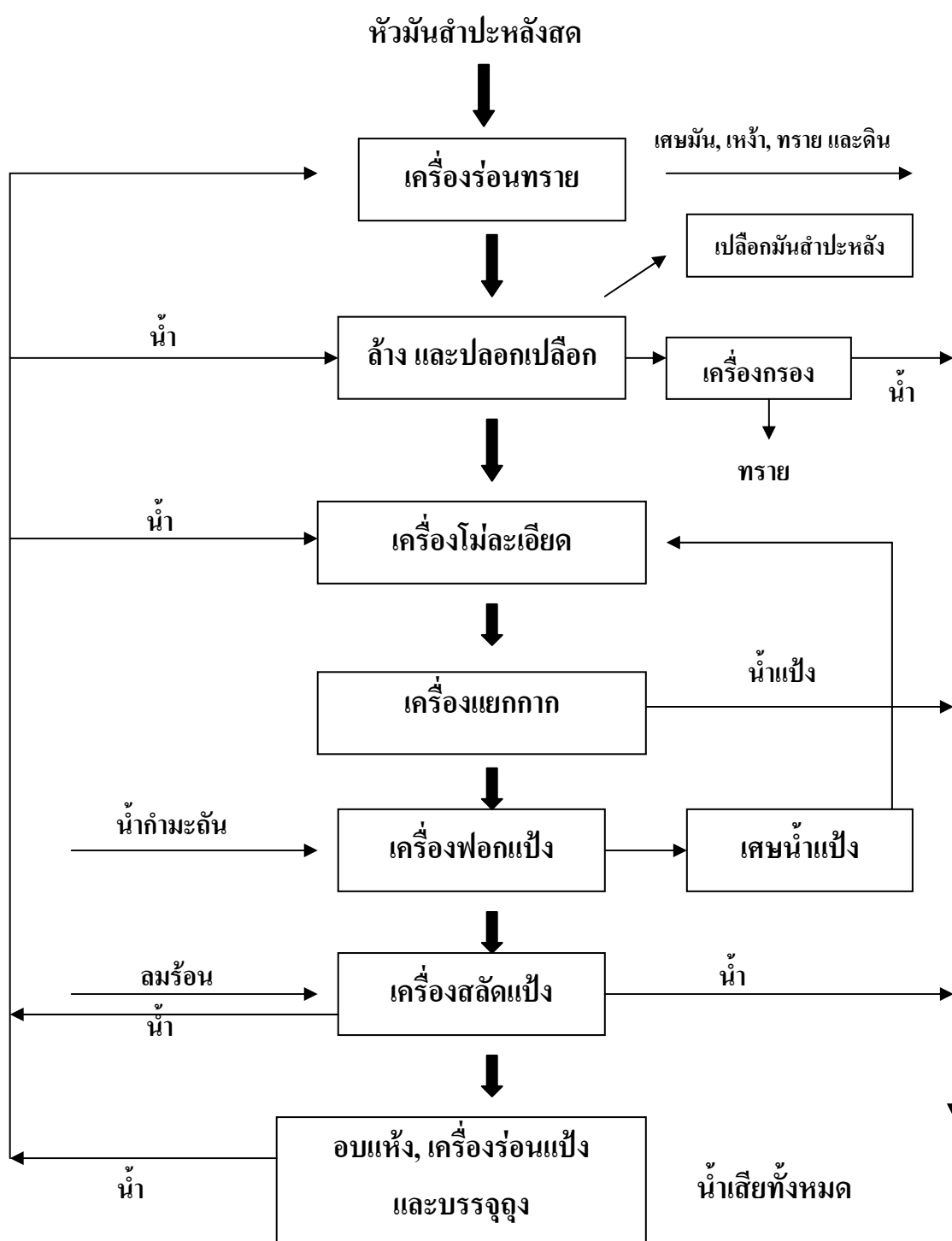
1. การทำให้ได้รับความร้อนด้วยการต้ม เผา หรือทอด
2. การทำให้แห้งโดยการตากแดด หรือการอบ
3. การทำเป็นแป้ง
4. การหมัก

การที่มีไฮโดรไลซาในคัตค้าง และมีไขมันประกอบอยู่ต่ำ ทำให้ความน่ากินของกากมันสำปะหลังต่ำ โดยเฉพาะกรณีที่ให้กิน 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกร สุกรจะกินอาหารได้น้อยลง ในลูกสุกรที่ได้รับมันสำปะหลัง 20-40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารจะทำให้เกิดปัญหาท้องเสีย ควรให้เมื่อหย่านมหลัง 5 สัปดาห์ไปแล้ว จะลดปัญหาท้องเสียได้ สาเหตุของการท้องเสียเกิดจากชนิดของแป้งไปมีผลต่อการย่อยได้ในลำไส้เล็ก และสัดส่วนของอัมัยโลเพคติน (amylpectin) ที่มากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ในแป้งมันสำปะหลังจะทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่บริเวณ Ileo-recum ของสัตว์กระเพาะเดียวเพิ่มขึ้น ทำให้จุลินทรีย์มีอาหารเพิ่มขึ้นจำนวนจุลินทรีย์จึงเพิ่มมากขึ้นเป็นสาเหตุให้ท้องเสีย (พันทิพา, 2539)

การศึกษาวิจัยถึงรูปแบบ และวิธีการนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ 2 รูปแบบ คือ ให้สัตว์กินโดยตรง และนำไปหมักก่อนใช้เลี้ยงสัตว์

การให้สัตว์กินกากมันสำปะหลังโดยตรง มีรายงานว่าในประเทศอินโดนีเซียมีการใช้กากมันสำปะหลังผสมในอาหารโคได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ (Sumangkut *et al.*, 1976) อาหารแกะสามารถใช้ได้ 20 เปอร์เซ็นต์ (Pulungan and Bhakti, 1984) ส่วนการใช้กากมันสำปะหลังผสมในอาหารสุกรนั้น พบว่าสามารถนำไปใช้ได้ 10 เปอร์เซ็นต์ (Aritonang and Silalahi, 1992)

Marques *et al.* (2005) ได้นำกากมันสำปะหลังมาผสมในอาหารโคสาวขุน ทดแทนข้าวโพด 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีผลทำให้ลักษณะการเจริญเติบโตของโคที่กินกากมันสำปะหลังแตกต่างจากโคที่กินอาหารปกติ โดยโคที่กินกากมันสำปะหลังมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 1.1 กิโลกรัมต่อวัน และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 8.3 ส่วนโคที่กินอาหารที่มีส่วนผสมของข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 1.0 กิโลกรัมต่อวัน และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 8.6 ในด้านคุณภาพซากพบว่าน้ำหนักซากของโคที่กินอาหารปกติไม่แตกต่างจากโคที่กินอาหารที่มีส่วนผสมของกากมันสำปะหลังโดยมีน้ำหนักซาก 208.0 และ 210.7 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อ 30.9 และ 29.1 มีสัดส่วนกล้ามเนื้อรวมไขมันต่อกระดูก 5.2 ต่อ 1 และ 5.6 ต่อ 1 ตามลำดับ ส่วนในประเทศไทยมีรายงานการนำกากมันสำปะหลังไปใช้เป็นอาหารโคขุน ทดแทนมันเส้นในระดับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า โคขุนทุกกลุ่มมีสมรรถภาพการขุน และคุณภาพซาก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรที่ใช้มันเส้นมีแนวโน้มดีกว่าเล็กน้อย ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีกว่า ส่วนกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง 100 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีศักยภาพสูงพอที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติ และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะในช่วงที่มันเส้นมีราคาแพง (สมิต และคณะ, 2550)



ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ที่มา: Rakshit (2003)

ฟิรพจน์ (2547) ได้ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารพลังงานทดแทนมันเส้นในสูตรอาหารขี้ในในระดับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักความสามารถในการย่อยได้ และการเจริญเติบโตในโคนมรุ่น พบว่า โคนมมีความสามารถในการย่อยได้ และเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เทอดศักดิ์ และคณะ (2550) ได้ทดลองนำกากมันสำปะหลังไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารเปิดเทศ พบว่า เปิดเทศที่ได้รับกากมันสำปะหลัง 5-15 เปอร์เซ็นต์ มีสมรรถภาพการผลิตต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่ไม่มีกากมันสำปะหลัง ส่วนในด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า เปิดเทศที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลัง 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถใช้กากมันสำปะหลังเป็นอาหารเปิดเทศได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการนำกากมันสำปะหลังไปใช้ในสูตรมีรายงานของสุกัญญา (2546) โดยศึกษาถึงผลการนำกากมันสำปะหลังไปเป็นส่วนประกอบในอาหารสุกรในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกรที่น้ำหนัก 25 - 60 กิโลกรัม และน้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม พบว่า สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกรที่ได้รับกากมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อุทัย และคณะ (2548) ได้ทำการทดลองใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกรอ้วนท้อง และสุกรเลี้ยงลูก พบว่าสามารถใช้ได้ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการสืบพันธุ์ และสมรรถภาพการผลิตของแม่สุกรแตกต่างจากกลุ่มที่ใช้รำละเอียด และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตให้ถูกลงได้

การนำกากมันสำปะหลังไปหมักก่อนนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ทำให้คุณค่าทางอาหารของกากมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนจาก 1.55 เปอร์เซ็นต์ เป็น 18.55 เปอร์เซ็นต์ (Kompang *et al.*, 1994) นอกจากนี้ Nguyaun *et al.* (2003) ได้ทำการวิจัยนำกากมันสำปะหลังที่ปรับความชื้นให้เป็น 50-55 เปอร์เซ็นต์ มาหมักโดยเชื้อ *Aspergillus niger* ในแอมโมเนียซัลเฟต $[(NH_4)_2SO_4]$ พบว่ากากมันสำปะหลังที่ผ่านการหมักมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเพิ่มขึ้นจาก 52.2 เป็น 64.8 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 2.4 เป็น 9.8 เปอร์เซ็นต์ เหนือยลดลงจาก 7.4 เป็น 6.8 เปอร์เซ็นต์ และทำให้ปริมาณไซยาไนด์ลดลงจาก 14.0 เป็น 7.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยวิธีการผลิตกากมันสำปะหลังหมักนั้นเริ่มจากการนำเชื้อ *Aspergillus niger* บริสุทธิ์ผสมกับกากมันสำปะหลังที่มีความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 1:9 โดยน้ำหนัก บ่มเชื้อไว้นาน 1 สัปดาห์ จากนั้นนำหัวเชื้อที่ได้ไปต่อเชื้อขยายปริมาณให้ได้ 100 กิโลกรัม แล้วนำไปผสมกับกากมันสำปะหลัง 900 กิโลกรัมที่มี

ความชื้น 50-55 เปอร์เซ็นต์ เติมแอมโมเนียมซัลเฟต 5 กิโลกรัม บ่มไว้นาน 6 วัน แล้วนำไปอบให้แห้ง เพื่อนำไปใช้ หรือเก็บรักษาไว้ใช้ต่อไป

Nguyaun and Nguyaun (2003) ได้ทำการเปรียบเทียบการใช้กากมันสำปะหลังที่ผ่านการหมัก และไม่ผ่านการหมักทดแทนรำข้าว 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสุกร โดยให้สุกรขุนลูกผสม Large White X Mong cai กินเป็นเวลา 75 วัน พบว่าน้ำหนักสุกรที่กินอาหารที่มีส่วนผสมของกากมันสำปะหลังหมักมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 32.9 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต 439 กรัมต่อตัวต่อวัน และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 4.05 ในขณะที่สุกรซึ่งกินอาหารที่มีส่วนผสมของกากมันสำปะหลังที่ไม่ได้ผ่านการหมักมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 28.7 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต 382 กรัมต่อตัวต่อวัน และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 4.65 แสดงให้เห็นว่าการใช้กากมันสำปะหลังหมักเป็นอาหารสุกรจะทำให้สุกรมีอัตราการเจริญเติบโต และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการให้อาหารสุกรด้วยกากมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการหมัก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การทดลองที่ 1: การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนา และค่า การย่อยได้ ของโภชนาในกากมันสำปะหลัง

1. สัตว์ทดลองใช้สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ (แลนด์เรซXลาร์จไวท์Xคูร์ร็อก) เพศผู้ตอน
 - 1.1 สุกรระยะเล็ก : น้ำหนักตัว 30 กิโลกรัม จำนวน 8 ตัว
 - 1.2 สุกรระยะรุ่น : น้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม จำนวน 8 ตัว
2. อาหารทดลอง
3. โครมิกซ์ออกไซด์
4. กรงทดลองหาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนา (metabolic cages)
5. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะ
6. เครื่องชั่งน้ำหนักสุกร และอาหาร
7. อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังอาหารทดลอง มูล และปัสสาวะสุกร

การทดลองที่ 2: การศึกษาผลการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากสุกร

1. สัตว์ทดลอง สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ (แลนด์เรซXลาร์จไวท์Xคูร์ร็อก) เพศผู้ตอน จำนวน 180 ตัว และเพศเมียจำนวน 180 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ยประมาณ 30 กิโลกรัม

2. อาหารทดลอง

3. โรงเรือนระบบปิด ยกพื้นสูง ภายในเป็นคอกขังรวม ขนาดคอก 5 X 6 ตารางเมตร มีรางอาหาร และที่ให้น้ำอัตโนมัติ
4. เครื่องชั่งน้ำหนักสุกร และอาหาร
5. ประเมินคุณภาพซากสุกรมีชีวิตด้วยวิธีการรีลไทม์อัลตราซาวด์ (Real-time Ultrasound) ด้วยเครื่อง ALOKA 500 และโปรแกรม Auskey for Windows 5.1

วิธีการ

การทดลองที่ 1: การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนา และค่า การย่อยได้ ของโภชนาในกากมันสำปะหลัง

1. สัตว์ทดลอง

การทดลองนี้ทำโดยให้สุกรระยะเล็ก และสุกรระยะรุ่น ได้รับอาหารสูตรที่มีส่วนผสมของกากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยแต่ละระยะใช้สุกรเพศผู้ตอนแบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 4 ตัวๆ ละ 1 ตัว

2. อาหาร

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารผง

2.1 สูตรอาหารสุกรระยะเล็ก (ตารางที่ 4)

สูตรควบคุม ไม่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร

สูตรทดลอง ใช้สูตรอาหารควบคุม 90 เปอร์เซ็นต์+กากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์

2.2 สูตรอาหารสุกกระยะรุ่น (ตารางที่ 4)

สูตรควบคุม ไม่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร

สูตรทดลอง ใช้สูตรอาหารควบคุม 80 เปอร์เซ็นต์+กากมันสำปะหลัง 20 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 สูตรอาหารสุกกระยะเล็ก และสุกกระยะรุ่นที่ใช้ในการทดลองที่ 1

วัตถุดิบ	สุกเล็ก	สุกรุ่น
ข้าวโพด	27.36	14.06
กากมันสำปะหลัง	-	-
ปลายข้าว	17.19	14.97
มันสำปะหลัง	10.00	24.95
รำละเอียด	-	9.60
น้ำมันรำ	2.53	1.75
กากถั่วเหลือง	36.71	31.46
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	3.00	-
แอล-ไลซีน	-	0.29
ทรีโอนีน	0.03	0.05
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.02	0.08
โมโนไคแคลเซียม ฟอสเฟต (P21)	1.85	1.22
หินฟูน	0.82	1.02
เกลือ	0.25	0.31
พรีมิกซ์	0.25	0.25
รวม	100	100

3. การเลี้ยงและการให้อาหาร

การเลี้ยงสุกรทำได้โดยการเลี้ยงขังเดี่ยวในกรงเมทาบอลิสม พร้อมด้วยที่ให้น้ำอัตโนมัติ การให้อาหารในช่วง 7 วันแรก ให้สุกรกินอาหารทั้ง 2 สูตร ที่ไม่มีส่วนผสมของโครมิกออกไซด์ เพื่อให้สุกรสามารถปรับตัวกับอาหาร และสภาพแวดล้อม จากนั้นจึงให้อาหารที่ผสมด้วยโครมิก

ออกไข่จำนวน 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของอาหาร เป็นเวลา 7 วัน สุกรแต่ละตัวได้รับอาหารประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยแบ่งให้สุกรได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.00 น. และ 15.00 น.

4. การเก็บมูล และปัสสาวะ

การเก็บมูลสุกร เริ่มเก็บเมื่อสังเกตเห็นมูลสุกรมีสีเขียวของโครโมคอกไซด์ปรากฏอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งมูลไม่มีสีเขียวปรากฏให้เห็น ซึ่งน้ำหนักมูลสุกรที่เก็บได้ทั้งหมด แล้วสุ่มเก็บตัวอย่าง 30 เปอร์เซ็นต์ของมูลที่เก็บได้ในแต่ละวัน จากนั้นนำมาตากแดดให้แห้ง บดให้ละเอียด แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส

การเก็บปัสสาวะ เก็บปัสสาวะที่สุกรขับถ่ายออกมาตลอดทั้งวัน ซึ่งน้ำหนักปัสสาวะทั้งหมด จากนั้นเติมสารละลายกรดซัลฟูริก 6 N จำนวน 10 มิลลิลิตร สุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะวันละ 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส

5. การวิเคราะห์ทางเคมี

เคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส ในกากมันสำปะหลัง อาหารทดลอง และมูล โดยวิธี proximate analysis และวิเคราะห์หาค่าพลังงานในกากมันสำปะหลัง ในอาหาร ในมูล และในปัสสาวะโดยใช้ Ballistic bomb calorimeter ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990)

6. การคำนวณหาการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร

คำนวณหาการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร โดยใช้สมการของ McDonald *et al.* (2002)

ดังนี้

6.1 การย่อยได้แบบปรากฏของวัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักอาหารแห้งที่กิน} - \text{น้ำหนักมูลแห้ง})}{\text{น้ำหนักอาหารแห้งที่กิน}} \times 100$$

6.2 การย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{(\text{ปริมาณโปรตีนในอาหารที่กิน} - \text{ปริมาณโปรตีนในมูล})}{\text{ปริมาณโปรตีนในอาหารที่กิน}} \times 100$$

6.3 การย่อยได้แบบปรากฏของเยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{(\text{ปริมาณเยื่อใยในอาหารที่กิน} - \text{ปริมาณเยื่อใยในมูล})}{\text{ปริมาณเยื่อใยในอาหารที่กิน}} \times 100$$

6.4 พลังงานการใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏ (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)

$$= \text{พลังงานในอาหาร} - \text{พลังงานในมูล} - \text{พลังงานในปัสสาวะ}$$

7. การคำนวณหาการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลัง (Yuwares, 2004)

7.1 การย่อยได้ของโภชนะในกากมันสำปะหลัง (เปอร์เซ็นต์)

$$= (\text{ค่าการย่อยได้ของอาหารทดลอง} - (\text{ค่าการย่อยได้ของอาหารควบคุม} \times A)) / B$$

7.2 พลังงานการใช้ประโยชน์ของกากมันสำปะหลัง (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม/กิโลกรัม)

$$= (\text{ค่า ME ของอาหารทดลอง} - (\text{ค่า ME ของอาหารควบคุม} \times A)) / B$$

โดย

$$A = (100 - \text{เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบทดลองในสูตรอาหาร}) / 100$$

$$B = \text{เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบทดลองในสูตรอาหาร}$$

8. สถานที่ทดลอง

การศึกษาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลัง ดำเนินการที่ โรงเรือนเลี้ยงสุกร บริษัท วิ.ซี.เอฟ.กรุ๊ป จำกัด อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของกากมันสำปะหลัง อาหารทดลอง มูล และปัสสาวะ ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

9. ระยะเวลาการทดลอง

ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 2 เดือน

การทดลองที่ 2: การศึกษาผลการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากสุกร

1. แผนการทดลอง

การทดลองนี้แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ สุกรเล็ก (น้ำหนัก 25 - 50 กิโลกรัม) สุกรรุ่น (น้ำหนัก 50 - 80 กิโลกรัม) และสุกรขุน (น้ำหนัก 80 - 105 กิโลกรัม) โดยให้สุกรได้รับอาหารแบ่งตามระยะการเจริญเติบโตเป็น 3 ระยะดังกล่าว และในแต่ละระยะ ได้รับอาหารสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับสูตรที่มีส่วนผสมของกากมันสำปะหลังในอัตราที่ต่างกัน โดยแบ่งกลุ่มสุกรแยกเพศผู้ และเพศเมีย แต่ละเพศแบ่งเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ละ 10 ตัว และแต่ละกลุ่มถูกจัดให้ได้รับอาหารโดยการสุ่ม วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกผสมบุรณ์ (Randomized Complex Block Design; RCBD) โดยใช้เพศเป็นบล็อกซ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test (อนันต์ชัย, 2539)

2. สูตรอาหาร

สูตรอาหารทดลองที่ใช้กำหนดให้มีส่วนผสมของกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ โดยการนำค่าปริมาณโภชนาต่างๆ และค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาคำนวณสูตรอาหาร จากนั้นปรับให้อาหารแต่ละสูตรมีโภชนาครบตามความต้องการของสุกรในแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่แนะนำโดย National Research Council (1998) และทำอาหารในรูปของอาหารอัดเม็ดได้เป็นสูตรอาหารดังนี้

ระยะสุกรเล็ก (ตารางที่5)

สูตรที่ 1 อาหารสูตรควบคุม

สูตรที่ 2 อาหารที่ใช้กากมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 อาหารที่ใช้กากมันสำปะหลัง 20 เปอร์เซ็นต์

ระยะสุกรรุ่น (ตารางที่6)

สูตรที่ 1 อาหารสูตรควบคุม

สูตรที่ 2 อาหารที่ใช้กากมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 อาหารที่ใช้กากมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์

ระยะสุกรขุน (ตารางที่7)

สูตรที่ 1 อาหารสูตรควบคุม

สูตรที่ 2 อาหารที่ใช้กากมันสำปะหลัง 20 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 อาหารที่ใช้กากมันสำปะหลัง 40 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบ คุณค่าทางโภชนา และราคาของสูตรอาหารทดลองสำหรับสุกรระยะเล็ก (น้ำหนัก 25 - 50 กิโลกรัม) ที่ใช้ในการทดลองที่ 2

วัตถุดิบ (%)	อาหารทดลอง		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ข้าวโพด	64.08	50.11	36.20
กากมันสำปะหลัง	-	10.00	20.00
น้ำมันรำ	1.91	3.77	5.64
ปลาป่น	2.98	2.99	2.99
กากถั่วเหลือง	24.38	26.65	28.85
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	2.98	2.99	2.99
แอล-ไลซีน	0.80	0.66	0.52
ทรีโอนีน	0.15	0.14	0.13
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.09	0.10	0.12
โมโนไคแคลเซียม ฟอสเฟต (P21)	1.41	1.41	1.41
หินปูน	0.77	0.73	0.69
เกลือ	0.20	0.20	0.21
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100
ราคา (บาท/กก.)	10.08	9.80	9.52
<u>ปริมาณโภชนาที่ได้จากการคำนวณ (%)</u>			
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Kcal/Kg)	3,332	3,335	3,338
โปรตีน	19.90	19.91	19.93
ไขมัน	5.47	6.79	8.09
เยื่อใย	3.61	4.58	5.56
แคลเซียม	0.80	0.80	0.80
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.70	0.70	0.69
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.40	0.40	0.40
ไลซีน	1.19	1.19	1.19
เมทไธโอนีน+ซิสตีน	0.72	0.72	0.72

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบ คุณค่าทางโภชนา และราคาของสูตรอาหารทดลองสำหรับสุกรระยะรุ่น
(น้ำหนัก 50 - 80 กิโลกรัม) ที่ใช้ในการทดลองที่ 2

วัตถุดิบ (%)	อาหารทดลอง		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ข้าวโพด	24.60	22.80	7.80
มันสำปะหลัง	19.88	19.90	19.92
กากมันสำปะหลัง	-	15.00	30.00
รำละเอียด	26.10	7.23	1.20
น้ำมันรำ	1.23	2.22	4.44
กากถั่วเหลือง	24.18	29.28	32.83
แอล-ไลซีน	0.92	0.79	0.61
ทรีโอนีน	0.14	0.13	0.12
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.12	0.17	0.20
โมโนไคแคลเซียม ฟอสเฟต (P21)	1.20	0.95	1.42
หินปูน	1.08	0.95	0.86
เกลือ	0.30	0.33	0.35
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100
ราคา (บาท/กก.)	8.86	8.81	8.54
<u>ปริมาณโภชนาที่ได้จากการคำนวณ (%)</u>			
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Kcal/Kg)	3,130	3,133	3,137
โปรตีน	17.40	17.41	17.43
ไขมัน	5.83	4.34	5.20
เยื่อใย	5.96	5.97	6.97
แคลเซียม	0.75	0.75	0.75
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.68	0.68	0.61
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.32	0.32	0.32
ไลซีน	1	1	1
เมทไธโอนีน+ซิสตีน	0.65	0.65	0.65

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบ คุณค่าทางโภชนา และราคาของสูตรอาหารทดลองสำหรับสุกรระยะขุน
(น้ำหนัก 80 - 105 กิโลกรัม) ที่ใช้ในการทดลองที่ 2

วัตถุดิบ (%)	อาหารทดลอง		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ข้าวโพด	48.24	25.21	12.39
กากมันสำปะหลัง	-	20.00	40.00
รำละเอียด	24.84	24.88	9.97
น้ำมันรำ	0.00	2.73	5.04
กากถั่วเหลือง	18.12	23.14	28.70
รำสกัด	4.46	-	-
แอล-ไลซีน	0.99	0.72	0.51
ทรีโอนีน	0.11	0.09	0.07
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.09	0.12	0.18
โมโนไคแคลเซียม ฟอสเฟต (P21)	1.30	1.36	1.50
หินปูน	1.25	1.14	1.00
เกลือ	0.35	0.36	0.39
ฟอสฟอรัส	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100
ราคา (บาท/กก.)	8.65	8.40	8.28
<u>ปริมาณโภชนาที่ได้จากการคำนวณ</u>			
(%)			
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Kcal/Kg)	3,030	3,035	3,040
โปรตีน	16.40	16.42	16.44
ไขมัน	5.38	7.18	7.07
เยื่อใย	5.88	7.43	8.23
แคลเซียม	0.80	0.80	0.80
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.93	0.89	0.73
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.35	0.35	0.35
ไลซีน	1.00	1.00	1.00
เมทไธโอนีน+ซิสตีน	0.65	0.65	0.65

ตารางที่ 8 ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหาร

ชนิดวัตถุดิบ	ราคา (บาท)
ข้าวโพด	7.90
มันสำปะหลัง	3.90
กากมันสำปะหลัง	2.75
รำละเอียด	5.40
น้ำมันรำ	20.50
ปลาป่น	26.00
กากถั่วเหลือง	10.00
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	13.00
รำสกัด	4.50
แอล-ไลซีน*	14.50
ทรีโอนีน	85.00
ดีแอล-เมทไธโอนีน**	90.00
โมโนไดแคลเซียม ฟอสเฟตP21	13.60
หินฟูน	0.85
เกลือ	3.25
พรีมิกซ์สุกรเล็ก***	85.00
พรีมิกซ์สุกรรุ่น***	75.00
พรีมิกซ์สุกรขุน***	70.00

หมายเหตุ * แอล-ไลซีน เป็นชนิดน้ำ ที่มีระดับไลซีน 26 เปอร์เซ็นต์

** ดีแอล-เมทไธโอนีน เป็นชนิดน้ำ

*** พรีมิกซ์ 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย พรีมิกซ์วิตามิน 400 กรัม : พรีมิกซ์แร่ธาตุ 600 กรัม

ที่มา: ราคาวัตถุดิบอ้างอิงจากราคาซื้อวัตถุดิบของบริษัท วิ.ซี.เอฟ.กรุ๊ป จำกัด มีนาคม 2550

3. วิธีการให้อาหาร และน้ำ

การให้อาหารสุกรจะได้รับอาหาร และน้ำอย่างเต็มที่ โดยให้อาหารวันละ 6 ครั้ง คือ เวลา 05.00 น. 08.00 น. 11.00 น. 13.00 น. 17.00 น. และ 20.00 น. และมีที่ให้ น้ำอัตโนมัติ

4. การบันทึกข้อมูล

4.1 บันทึกน้ำหนักตัวสุกร ครั้งแรกเมื่อเริ่มนำสุกรเข้าทำการทดลองน้ำหนักประมาณ 25 กิโลกรัม ครั้งที่สองเมื่อน้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัม ครั้งที่สามเมื่อน้ำหนักประมาณ 80 กิโลกรัม และครั้งสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลองน้ำหนักประมาณ 105 กิโลกรัม น้ำหนักที่ได้ใช้คำนวณหา น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเพื่อใช้คำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็น น้ำหนักตัว

4.2 บันทึกปริมาณอาหารทั้งหมดที่กิน และอาหารที่เหลือในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ของสุกร เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

4.3 เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะสุกรขุน ทำการประเมินคุณภาพซากสุกรมีชีวิตด้วย วิธีการรีลไทม์อัลตราซาวด์ (Real-time Ultrasound) ด้วยเครื่อง ALOKA 500 และ โปรแกรม Auskey for Windows 5.1

5. การคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)} = (\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น/จำนวนวันเลี้ยง}) \times 1,000$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว} = \text{น้ำหนักอาหารที่กิน/น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}$$

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มใน บล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complex Block Design; RCBD) โดยใช้เพศเป็นบล็อกซ์ และ

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test (อนันต์ชัย, 2539) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ทางสถิติที่เหมาะสม

7. การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐกิจ

7.1 ต้นทุนค่าอาหาร ใช้ราคาซื้อวัตถุดิบอาหารสัตว์ของบริษัท วิ.ซี.เอฟ. กรุ๊ป จำกัด ในช่วงระยะที่ทำการทดลอง

7.2 ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม คำนวณจากราคาอาหารต่อกิโลกรัม คูณด้วยประสิทธิภาพการใช้อาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

8. สถานที่ทดลอง

ดำเนินการที่โรงเรียนเลี้ยงสุกร บริษัท วิ.ซี.เอฟ.กรุ๊ป.จำกัด อำเภอบางบาล จังหวัดราชบุรี

9. ระยะเวลาทำการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 4 เดือน

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1

คุณค่าทางโภชนาของกากมันสำปะหลัง

การวิเคราะห์ทางเคมีของกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวได้แสดงในตารางที่ 9 พบว่า กากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองมีความชื้น 10.4 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2.36 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 16.06 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.26 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 4.59 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก 66.33 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 1.11 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.06 เปอร์เซ็นต์ เหล็ก 0.26 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 4,178.2 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีจะเห็นว่า กากมันสำปะหลังมีโปรตีนในระดับต่ำ เท่ากับ 2.36 เปอร์เซ็นต์ แต่สูงกว่ารายงานของสุกัญญา (2546) และพริพจน์ (2547) ที่กล่าวว่าในกากมันสำปะหลังมีโปรตีน 1.59 และ 1.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้กากมันสำปะหลังยังมีปริมาณเยื่อใยค่อนข้างสูง 16.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของสุกัญญา และวราพันธุ์ (2550) พบว่าปริมาณเยื่อใยในกากมันสำปะหลังเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้นำไปทดแทนรำละเอียด 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารแม่สุกรอุ้มท้อง และแม่สุกรเลี้ยงลูก แต่ต่ำกว่าการรายงานของ Sriroth *et al.* (2000) ที่ได้รายงานว่าปริมาณเยื่อใยของกากมันสำปะหลังเท่ากับ 27.75 เปอร์เซ็นต์ และจากปริมาณไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก หรือคาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย ซึ่งมีค่อนข้างสูงส่งผลให้กากมันสำปะหลังมีพลังงานรวมสูงตามไปด้วย เท่ากับ 4,178 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณมากกว่าที่สุกัญญา (2546) ได้รายงานไว้ว่ากากมันสำปะหลังมีค่าพลังงานรวม 3,872 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจาก พันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ศึกษาวิธีการผลิต รวมทั้งประสิทธิภาพในการสกัดแป้งมันสำปะหลังของแต่ละโรงงานแตกต่างกัน จึงมีผลต่อคุณภาพของกากมันสำปะหลัง

ตารางที่ 9 ส่วนประกอบทางโภชนาของกากมันสำปะหลังจากการวิเคราะห์

ส่วนประกอบ (%)	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	10.40
โปรตีน	2.36
เยื่อใย	16.06
ไขมัน	0.26
เถ้า	4.59
ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรก	66.33
แคลเซียม	1.11
ฟอสฟอรัส	0.06
เกลือ	0.26
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	4,178

ผลการศึกษาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาในกากมันสำปะหลัง

1. การย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาในสุกรเล็ก (น้ำหนัก 30 กิโลกรัม)

ผลการศึกษาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรเล็ก พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย และค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ในกากมันสำปะหลัง เท่ากับ 70.96, 64.45, 62.71 เปอร์เซ็นต์ และ 2,553 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 10 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของสุกัญญา (2546) ที่ได้ทำการศึกษาหาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในสุกรน้ำหนัก 25 กิโลกรัม พบว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย และค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 73.22, 71.34, 55.26 เปอร์เซ็นต์ และ 2,664.46 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม จะเห็นว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังต่ำกว่าของสุกัญญา (2546) ส่วนการย่อยได้ของเยื่อใยสูงกว่า

ตารางที่ 10 แสดงค่าการย่อยได้ และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรเล็ก (น้ำหนัก 30 กิโลกรัม)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเล็ก
การย่อยได้ของวัตถุดิบ (%)	70.96
การย่อยได้ของโปรตีน (%)	64.45
การย่อยได้ของเยื่อใย (%)	62.71
พลังงานใช้ประโยชน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	2,553

2. การย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสุกรรุ่น (น้ำหนัก 60 กิโลกรัม)

ผลการทดลองเพื่อศึกษาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรรุ่น แสดงดังตารางที่ 11 กล่าวคือ การย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน เยื่อใย และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลัง เท่ากับ 72.83, 69.63, 65.97 เปอร์เซ็นต์ และ 2,767 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ารายงานของสุกัญญา (2546) ที่ได้ทำการศึกษาค่าการย่อยได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรอาหารสุกรน้ำหนัก 60 กิโลกรัม มีค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน และเยื่อใย เท่ากับ 68.57, 65.47 และ 53.32 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 11 แสดงค่าการย่อยได้ และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในสุกรรุ่น (น้ำหนัก 60 กิโลกรัม)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะรุ่น
การย่อยได้ของวัตถุดิบ (%)	72.83
การย่อยได้ของโปรตีน (%)	69.63
การย่อยได้ของเยื่อใย (%)	65.97
พลังงานใช้ประโยชน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	2,767

ผลการศึกษาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในครั้งนี้ และจากการศึกษาของสุกัญญา (2546) พบว่า สุกรรุ่นมีค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน เยื่อใย และค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังมากกว่าในสุกรเล็ก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีเยื่อใยค่อนข้างสูงถึง 16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเยื่อใยเป็นปัจจัยสำคัญที่

ทำให้การย่อยได้ของอาหารต่ำลง (Baired *et al.*, 1975 and NRC, 1998) อีกทั้งในสุกรเล็กการพัฒนาของระบบทางเดินอาหาร และปริมาณการผลิตเอนไซม์ ยังไม่ดีเท่ากับสุกรขนาดใหญ่ หรือสุกรพ่อแม่พันธุ์ (Kennelly and Aherne, 1980) แต่เมื่อเปรียบเทียบกากมันสำปะหลังกับแหล่งวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น กากมอลต์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำเบียร์ กากปาล์มน้ำมันจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์ม หรือรำสกัดน้ำมันซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการนำรำละเอียดไปสกัดไขมันออกเพื่อบริโภค โดยจรรยา (2543) ได้ศึกษาการย่อยได้ของกากมอลต์ในสุกรน้ำหนัก 30 และ 60 กิโลกรัม โดยใช้กากมอลต์เป็นส่วนประกอบในอาหารระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าการย่อยได้ของโปรตีน เยื่อใย และค่าพลังงานที่ย่อยได้ (DE) เท่ากับ 63.38, 17.71 เปอร์เซ็นต์ และ 1,712.9 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ในสุกรเล็ก และเท่ากับ 68.96, 18.99 เปอร์เซ็นต์ และ 1,935.4 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ในสุกรรุ่นตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ากากมันสำปะหลังมีค่าการย่อยได้ของเยื่อใยมากกว่า นอกจากนี้ยังมีค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าอย่างมาก ส่วนผลการศึกษาการย่อยได้ของกากปาล์มน้ำมันโดยฉัฐิมา และคณะ (2541) ได้ทำการศึกษาการย่อยได้ของกากปาล์มน้ำมันในสุกรรุ่นน้ำหนัก 40 กิโลกรัม พบว่า กากปาล์มน้ำมันมีค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 2,663 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และจากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในรำสกัดน้ำมันของวรพจน์ และคณะ (2548) โดยใช้รำสกัดน้ำมันในระดับ 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารในสุกรรุ่น และสุกรขุน พบว่า ค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของรำสกัดน้ำมันในสุกรรุ่น และสุกรขุน เท่ากับ 2,554.30 และ 2,664.44 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ซึ่งจะเห็นว่า กากปาล์ม และรำสกัดน้ำมันมีค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ใกล้เคียงกับกากมันสำปะหลังในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งปัจจุบันกากปาล์ม และรำสกัดน้ำมัน ได้ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์

ดังนั้นจากการศึกษาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในครั้งนี้ และจากการศึกษาของสุกัญญา (2546) จะเห็นว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะของกากมันสำปะหลังอยู่ในระดับสูง และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพียงพอที่จะนำไปใช้ประกอบสูตรอาหารสุกรได้

ผลการทดลองที่ 2

สมรรถภาพการผลิต

1. สมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก (น้ำหนัก 25-50 กิโลกรัม)

ผลการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก แสดงดังตารางที่ 12 พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับที่แตกต่างกัน มีปริมาณการกินอาหารต่อวัน อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ไม่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบมีปริมาณการกินอาหารมากที่สุด 1.55 กิโลกรัมต่อวัน ในขณะที่สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีการกินอาหาร 1.53 และ 1.51 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีผลให้อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของสุกร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้วย แต่พบว่า เมื่อสุกรระยะเล็กได้รับกากมันสำปะหลังในระดับที่เพิ่มสูงขึ้นจากกลุ่มเปรียบเทียบที่ไม่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร เป็น 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของสุกรมีแนวโน้มลดลงจาก 858 กรัมต่อวัน เป็น 843 และ 829 กรัมต่อวัน ตามลำดับ แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 1.81, 1.82 และ 1.82 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 แสดงสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก (น้ำหนัก 25 - 50 กิโลกรัม)

ลักษณะที่ศึกษา	อาหารทดลอง			P-value	Pooled SE
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	28.16	28.13	28.48		
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	53.94	55.94	55.85		
ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	30	33	33		
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	858	843	829	0.058	27.885
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม/วัน)	1.55	1.53	1.51	0.235	0.054
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	1.81	1.82	1.82	0.770	0.050

2. สมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะรุ่น (น้ำหนัก 50-80 กิโลกรัม)

ผลการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรรุ่น แสดงดังตารางที่ 13 พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับที่แตกต่างกัน มีปริมาณการกินอาหารต่อวัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรกลุ่มเปรียบเทียบ และสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในระดับ 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินอาหาร 2.33, 2.32 และ 2.32 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของสุกร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้วย กล่าวคือ สุกรกลุ่มเปรียบเทียบ และสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 980, 963 และ 959 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 2.38, 2.42 และ 2.42 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 สมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก (น้ำหนัก 50 - 80 กิโลกรัม)

ลักษณะที่ศึกษา	อาหารทดลอง			P-value	Pooled SE
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	53.70	55.75	55.85		
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	89.19	89.75	89.50		
ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	36	35	35		
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	980	963	959	0.523	47.843
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม/วัน)	2.33	2.32	2.32	0.832	0.049
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	2.38	2.42	2.42	0.489	0.095

3. สมรรถภาพการผลิตของสุกรขุน (น้ำหนัก 80 -105 กิโลกรัม)

ผลการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุน แสดงดังตารางที่ 14 พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับที่แตกต่างกัน มีปริมาณการกินอาหารต่อวัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรกลุ่มเปรียบเทียบ และสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินอาหาร 2.84, 2.79 และ 2.78 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของสุกร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้วย กล่าวคือ

สุกรกลุ่มเปรียบเทียบ และสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 685, 668 และ 666 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 4.14, 4.20 และ 4.21 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 แสดงสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะขุน (น้ำหนัก 80 - 105 กิโลกรัม)

ลักษณะที่ศึกษา	อาหารทดลอง			P-value	Pooled SE
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	89.19	89.75	89.61		
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	104.94	104.39	104.75		
ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	23	22	23		
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	685	668	666	0.277	30.397
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม/วัน)	2.84	2.79	2.78	0.304	0.094
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	4.14	4.20	4.21	0.765	0.143

4. สมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก - ขุน (น้ำหนัก 25 -105 กิโลกรัม)

ผลการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรตั้งแต่เล็กถึงขุน แสดงดังตารางที่ 15 พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับที่แตกต่างกัน อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยอัตราการเจริญเติบโตของสุกรมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าเท่ากับ 863 กรัม/วัน ส่วนกลุ่มที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 847 และ 838 กรัมต่อวัน ตามลำดับ สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของสุกรทั้ง 3 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 2.66, 2.67 และ 2.69 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 แสดงสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะขุน (น้ำหนัก 25 - 105 กิโลกรัม)

ลักษณะที่ศึกษา	อาหารทดลอง			P-value	Pooled SE
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	28.16	28.13	28.48		
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	104.94	104.39	104.75		
ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	89	90	91		
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	863	847	838	0.075	25.560
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม/วัน)	2.29	2.25	2.25	0.767	0.151
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	2.66	2.67	2.69	0.946	0.223

ผลการทดลองใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับแตกต่างกันในอาหารสุกรเล็ก สุกรรุ่น และสุกรขุน จะเห็นว่าปริมาณอาหารที่กินของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ถึงแม้ว่ากากมันสำปะหลังจะมีปริมาณเยื่อใยที่สูง ทำให้อาหารมีลักษณะฟาม ความน่ากินต่ำ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณการกินของสุกรลดลง (Pond and Maner, 1984) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การทดลองครั้งนี้ได้ทำอาหารในรูปของอาหารอัดเม็ด ซึ่งทำให้อาหารไม่เป็นฝุ่น ไม่รบกวนการกินของสุกร จึงทำให้ปริมาณการกินอาหารของสุกรไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงส่งผลให้สมรรถภาพการผลิตในด้านการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรทั้ง 3 ระยะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้อาหารที่ใช้ในสุกรแต่ละกลุ่มยังมีการปรับระดับปริมาณโภชนาการตามความต้องการของสุกรตามคำแนะนำของ NRC (NRC, 1998) และจากผลการทดลองหาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาในกากมันสำปะหลัง พบว่า ค่าการย่อยได้ และค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังอยู่ในเกณฑ์ดี แสดงว่าสุกรสามารถใช้ประโยชน์จากโภชนาในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มเปรียบเทียบ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสุกัญญา (2546) ที่ได้ทำการใช้กากมันสำปะหลังในระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกรรุ่น (น้ำหนักประมาณ 30-60 กิโลกรัม) และสุกรขุน (น้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม) พบว่าสมรรถภาพการผลิตของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่มีปริมาณโภชนาต่างๆใกล้เคียงกัน คือ มันสำปะหลัง พบว่า กากมันสำปะหลังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสุกรได้ในระดับที่ใกล้เคียงกับมันสำปะหลัง โดยจากการรายงานของ อุทัย และคณะ (2518) ได้ทำการทดลองใช้มันสำปะหลัง

ทดแทนรำละเอียดในอาหารสุกรระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับการทดลองของ Sonaiya and Omale (1983) ได้ทำการเสริมมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสุกร พบว่า ประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับอนุชา (2544) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารสุกรระยะรุ่น - ขุน ในระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การใช้มันสำปะหลังในระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสุกรทั้งเพศผู้ และเพศเมียไม่แตกต่างกัน

ลักษณะคุณภาพซากของสุกรที่ได้รับอาหารที่ใช้กากมันสำปะหลัง

ลักษณะคุณภาพซากของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วน ประกอบในระดับต่างๆ ตลอดทั้ง 3 ระยะ โดยทำการประเมินคุณภาพซากสุกรมีชีวิตด้วยวิธีการรีลไทม์อัลตราซาวด์ (Real-time Ultrasound) ด้วยเครื่อง ALOKA 500 และ โปรแกรม Auskey for Windows 5.1

ความหนาไขมันสันหลัง จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 18 พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับที่แตกต่างกันมีความหนาไขมันสันหลังแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรกลุ่มเปรียบเทียบ และสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังแตกต่างกันตลอดการทดลองทั้ง 2 ระดับ มีความหนาไขมันสันหลัง เท่ากับ 1.40, 1.41 และ 1.43 เซนติเมตร ตามลำดับ

พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 18 พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับที่แตกต่างกันพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรกลุ่มเปรียบเทียบ และสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังแตกต่างกันตลอดการทดลองทั้ง 2 ระดับ มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเท่ากับ 39.09, 38.68 และ 37.42 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 18 พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังในระดับที่แตกต่างกันเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรกลุ่มเปรียบเทียบ และสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังแตกต่างกันตลอดการทดลองทั้ง 2 ระดับ มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เท่ากับ 55.46, 55.31 และ 54.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลอง เห็นได้ว่า การนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์

ไม่มีผลทำให้คุณภาพซากเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้อาจเนื่องจากอาหารทุกสูตรที่ใช้ทดลองมีการปรับปริมาณโภชนะใกล้เคียงกัน และเพียงพอต่อความต้องการของสุกรในแต่ละระยะ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสุกัญญา (2546) ที่ได้ทำการศึกษาผลของกากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20, และ 30 เปอร์เซ็นต์ ต่อคุณภาพซากของสุกร พบว่า คุณภาพซากของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพซากสุกรที่ใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารกับวัตถุดิบจากแหล่งอื่นๆ เช่น รำละเอียด รำสกัดน้ำมัน และมันสำปะหลัง เป็นต้น พบว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกรใกล้เคียงกันโดยจะเห็นว่า เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกรเมื่อใช้กากมันสำปะหลังที่แตกต่างกันตลอดการทดลองทั้ง 2 ระยะ เท่ากับ 55.31 และ 54.39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกรที่ใช้รำละเอียด และรำสกัดน้ำมันในอาหารในระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ในสุกรน้ำหนัก 30-60 กิโลกรัม และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในสุกรน้ำหนัก 60-100 กิโลกรัม พบว่า เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกร เท่ากับ 54.13 และ 54.80 ตามลำดับ (อุทัย, 2549) จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นอาหารสุกรในระยะเล็ก รุน และขุน ในระดับ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่มีผลทำให้คุณภาพซากของสุกรเปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 16 แสดงลักษณะคุณภาพซากของสุกรที่ได้รับกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ
ตลอดการทดลองทั้ง 3 ระยะ

ลักษณะที่ศึกษา	อาหารทดลอง			P-value	Pooled SE
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3		
ความหนาไขมันสันหลัง (ซม.)	1.40	1.41	1.43	0.815	0.103
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม. ²)	39.09	38.68	37.42	0.165	2.177
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (%)	55.46	55.31	54.09	0.159	0.874

ความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกร

ความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกรทั้ง 3 ระยะพิจารณาได้จากราคาอาหาร และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ดังต่อไปนี้

1. ราคาอาหาร

เมื่อนำกากมันสำปะหลังไปใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารของสุกรแต่ละระยะ พบว่าสามารถช่วยลดราคาอาหารลงได้ โดยในสุกรระยะเล็ก กลุ่มเปรียบเทียบราคาอาหาร เท่ากับ 10.08 บาทต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารในระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ราคาอาหารลดลงเหลือ 9.80 และ 9.52 บาท ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าอาหารทดลองในสูตรที่ 3 ที่ใช้กากมันสำปะหลังในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีราคาถูกกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ 0.56 บาทต่อกิโลกรัม และในระยะสุกรเล็กปริมาณอาหารที่กินประมาณ 45 กิโลกรัมต่อตัว เพราะฉะนั้นในระยะสุกรเล็กสามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้ 25.20 บาทต่อตัว สำหรับสุกรรุ่นเมื่อใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าราคาอาหารไม่แตกต่างกันกับกลุ่มเปรียบเทียบมากนัก โดยราคาอาหารทั้ง 2 สูตร เท่ากับ 8.81 และ 8.86 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารน้อยเกินไป ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อใช้ในระดับที่มากขึ้น คือ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถลดราคาอาหารต่อกิโลกรัมได้มากขึ้น โดยในสูตรนี้ราคาอาหารเท่ากับ 8.54 บาทต่อกิโลกรัม ราคาต่ำกว่ากลุ่มควบคุม 0.34 บาทต่อกิโลกรัม และในระยะสุกรรุ่นปริมาณอาหารประมาณ 80 กิโลกรัมต่อตัว ดังนั้นในสุกรรุ่นเมื่อใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดค่าอาหารได้ 27.20 บาทต่อตัว และในระยะสุกรขุนก็เช่นกัน จะเห็นว่าเมื่อนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ราคาอาหาร เท่ากับ 8.40 และ 8.26 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีราคาต่ำกว่าสูตรอาหารของกลุ่มเปรียบเทียบที่มีราคาอาหาร เท่ากับ 8.65 บาทต่อกิโลกรัม โดยจะเห็นว่าสูตรที่ใช้กากมันสำปะหลัง 40 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร ราคาถูกกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ 0.39 บาทต่อกิโลกรัม และในสุกรขุนปริมาณอาหารที่กินประมาณ 60 กิโลกรัมต่อตัว ดังนั้นสามารถลดค่าอาหารได้ 23.4 บาทต่อตัว ซึ่งจะเห็นว่าตลอดระยะเวลาการทดลองทั้ง 3 ระยะ สามารถลดค่าอาหารได้ 75.80 บาทต่อตัว ซึ่งราคาอาหารของการศึกษาครั้งนี้ก็สอดคล้องกับทดลองของสุกัญญา (2546) ที่ได้รายงานไว้ว่า ราคาอาหารต่อกิโลกรัมในสุกรน้ำหนัก 30-60 กิโลกรัม เมื่อใช้กากมันสำปะหลังในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 7.95, 7.83, 7.72 และ 7.47 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในสุกรน้ำหนัก 60-100 กิโลกรัม เท่ากับ 7.48, 7.24, 7.09 และ 6.91 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสุกรสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้

ตารางที่ 17 ราคาอาหารแต่ละระยะการทดลองเมื่อใช้กากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ

ระยะทดลอง	ราคาอาหารทดลอง (บาท/กิโลกรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ระยะเล็ก	10.08	9.80	9.52
ระยะรุ่น	8.86	8.81	8.54
ระยะขุน	8.65	8.40	8.28

2. ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 18 จากผลการผลทดลอง พบว่า

สูตรเล็ก ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสูตรกลุ่มเปรียบเทียบ และสูตรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มการใช้ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวสูตร 1 กิโลกรัมลดลงจาก 18.24 เป็น 17.83 และ 17.32 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สูตรรุ่น สูตรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ 30 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่ำที่สุด เท่ากับ 20.66 บาทต่อกิโลกรัม รองลงมาเป็นสูตรกลุ่มเปรียบเทียบ เท่ากับ 21.10 บาท ส่วนสูตรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ 15 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวสูตร 1 กิโลกรัม สูงที่สุด เท่ากับ 21.32 บาทต่อกิโลกรัม

สูตรขุน กลุ่มเปรียบเทียบมีต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เท่ากับ 35.80 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนสูตรที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวสูตร 1 กิโลกรัม เท่ากับ 35.29 และ 34.85 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรที่ได้รับกากมันสำปะหลังในสูตรต่างๆ

ระยะทดลอง	ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท/กก.)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
เล็ก	18.24	17.83	17.32
รุ่น	21.10	21.32	20.66
ขุน	35.80	35.29	34.85
เล็ก-ขุน	23.14	22.57	22.30

สุกรเล็ก-ขุน ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่า สุกรกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นสูตรที่ได้รับอาหารที่มีกากแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ มีแนวโน้มต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมลดลงจาก 23.14 บาทต่อกิโลกรัมในกลุ่มที่ 1 ซึ่งไม่มีกากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร เป็น 22.57 และ 22.30 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า การใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารทำให้ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของสุกรมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้กากมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกากมันสำปะหลังที่นำไปใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีราคาค่อนข้างต่ำ คือ 2.75 บาท จึงทำให้ราคาอาหารที่ใช้กากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบถูกลง และเมื่อนำไปเลี้ยงสุกรแล้วประสิทธิภาพการผลิตไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุกัญญา (2546) ที่ได้ทำการศึกษาผลของกากมันสำปะหลังในอาหารสุกรที่ระดับ 0, 10, 20, และ 30 เปอร์เซ็นต์ต่อราคาอาหารที่ใช้เพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมในการเลี้ยงสุกรน้ำหนัก 30-100 กิโลกรัม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.85, 19.82, 19.09 และ 18.75 บาท ตามลำดับ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าการนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นอาหารสุกรสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตในด้านอาหารได้ 0.84 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อใช้กากมันสำปะหลังเป็นอาหารสุกรในเล็ก รุ่น และขุน ในระดับ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. กากมันสำปะหลังในการศึกษาครั้งนี้มี ความชื้น โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า ในโตรเจน ฟรีเอ็กซ์แทรก แกลือ แคลเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 10.4, 2.36, 16.06, 0.26, 4.59, 66.33, 0.26, 1.11 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพลังงานรวม เท่ากับ 4,178.2 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง
2. การศึกษาการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลังในระยะสุกรเล็ก พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน เยื่อใย และพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 70.96, 64.45, 62.71 เปอร์เซ็นต์ และ 2,553 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในสุกรรุ่น เท่ากับ 72.83, 69.63, 65.97 เปอร์เซ็นต์ และ 2,767 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ
3. การศึกษาผลการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสุกร พบว่า สามารถใช้กากมันสำปะหลัง ในอาหารสุกรเล็กได้ในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ สุกรรุ่น 30 เปอร์เซ็นต์ และสุกรขุน 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร โดยที่ทำให้ปริมาณอาหารที่กินได้ อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหาร เป็นน้ำหนักตัวของสุกรทั้ง 3 ระยะแตกต่างจากกลุ่มเปรียบเทียบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ การศึกษาคุณภาพซากสุกรขุนมีชีวิตโดยวิธีรีดไขมันอัลตราซาว ในลักษณะปริมาณความหนาไขมัน ต้นหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง พบว่า คุณภาพซากสุกรที่ใช้กากมันสำปะหลัง ในสูตรอาหารในระดับดังกล่าวข้างต้น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กับกลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร
4. ความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของการใช้กากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารในการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า เมื่อใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกรเล็ก สุกรรุ่น และสุกรขุน ในระดับ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่ำกว่ากลุ่มเปรียบเทียบเท่ากับ 0.56, 0.34 และ 0.39 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และเมื่อใช้กากมันสำปะหลังในระดับดังกล่าวทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กากมันสำปะหลังเท่ากับ 0.84 บาทต่อกิโลกรัม

ข้อเสนอแนะ

การสรุปผลการศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจดังกล่าวเป็นการสรุปในขณะราคาวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหารในระยะเวลาที่ทำการศึกษาเท่านั้น ดังนั้นการจะพิจารณาเลือกใช้อากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสุกรจะขึ้นกับราคาของกากมันสำปะหลังและเมทริกซ์ราคาของวัตถุดิบในชุดวัตถุดิบที่เลือกนำมาคำนวณสูตรอาหาร ในแต่ละครั้งของการคำนวณเท่านั้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2550. พยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. แหล่งที่มา:

http://www.Dao.go.th/pl_data/CASS/1STAT/st04.html, 11 มกราคม 2550.

จรรยา มณีวรรณ. 2543. การใช้กากมอลต์เสริมและไม่เสริมเอนไซม์ในอาหารสุกร.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐมา เกลิมแสน. 2541. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาของกากเมล็ดปาล์มน้ำมันในสุกรรุ่น.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก.

เทอดศักดิ์ คำเหม็ง, ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์, อุษณีย์ภรณ์ สร้อยเพชร, บุญมี ดีด้วยใจ และ
ยุภาวรรณ ศรีสุขช่วง. 2550. การใช้เศษเหลือจากโรงงานเป้งมันสำปะหลัง และกรด
ซิตริกต่อสมรรถภาพการผลิตเป็ดเทศ, น. 67-73. ใน รายงานการประชุมวิชาการ
สัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พิรพจน์ นิติพนธ์. 2547. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารพลังงานทดแทนมัน
สำปะหลังในสูตรอาหารชั้นต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก ความสามารถในการ
ย่อยได้ และการเจริญเติบโต ในโคนมรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์. 2539. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนาศาสตร์และการประยุกต์.
โอเดียนสโตร์. โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.

วราพันธ์ จินตณวิชัย, อุทัย คั่นโธ และ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2548. การศึกษาการย่อยได้ของ
โภชนะในรำสกัดน้ำมันในสุกรระยะรุ่น และระยะขุน, น. 104-110. ใน เรื่องเติมการ
ประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

สมาคมเป้งมันสำปะหลังไทย. 2546. กระบวนการผลิตเป้งมันสำปะหลัง. แหล่งที่มา:

<http://www.tapiocathai.org/ttsa/process/index.html>, 12 ตุลาคม 2549.

- สมิต อิมมกมล, เลอชาติ บุญเอก, สมเกียรติ ประสานพานิช, ปรีชา อินนุรักษ์ และ
 สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2550. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารผสมรวมต่อ
 สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในโคขุน, น. 279-285.
 ใน รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วราพันธ์ จินตณวิทย์. 2550. กากมันสำปะหลังตัวช่วยลดต้นทุน
 ค่าอาหาร. สุนทรสาส์น 33 (131): 31-34.
- สุกัญญา ทิมทอง. 2546. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถนะการผลิต และ
 คุณภาพซากของสุกรรุ่น-ขุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. ปริมาณส่งออกสินค้ามาตรฐานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังตาม
 ใบรับรองมาตรฐานสินค้า. แหล่งที่มา:
http://www.oae.go.th/miss/Forecast/thai/all/wh_02.html, 11 มกราคม 2550.
- อนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2539. หลักการวางแผนการตลาด. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อนุชา ชลากลาง. 2544. การใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารสุกรรุ่น-ขุน.
 วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อมรเดช พุทธิพิพัฒน์ขจร และ เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ. 2542. ความเป็นไปได้ในการใช้กากมัน
 สำปะหลังเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์. วิศวกรรมสาร 37: 41-42.
- อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ ไพฑูรย์มุลจิตร. 2548. การใช้กากมันสำปะหลังเป็น
 อาหารแม่สุกรอู้มท้อง และเลี้ยงลูก, น. 53-58. ใน เรื่องเติมการประชุมวิชาการของ
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วราพันธ์ จินตณวิทย์. 2549. ผลของการใช้รำสัคน้ำมันที่ระดับต่างๆ และการเสริมเอนไซม์ผสมในสูตรอาหารสุกรที่ใช้รำสัคน้ำมันระดับสูง ต่อสมรรถภาพการผลิตในสุกรระยะรุ่น-ขุน, น. 98-106. ใน **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุทัย พิสนเทศ, จีรวัชร เข็มสวัสดิ์ และ จำรัส แสงหิรัญ. 2518. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสุกรขุน. **สาส์นไก่** 23 (5): 11-20.

A.O.A.C. 1990. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical chemical**. 15 ed. A.O.A.C, Washington D.C..

Aritonang, D. and M. Silalahi. 1992. Effect of feeding two different levels of protein in the ration to the performance of fattening pigs, pp. 104-114. In **Proceeding of Animal Agro-Industry in the Village**. Research Institute for Animal Product, Ciawi, Bogor.

Baird, D.M., H.C. McCambell and J.R. Allison. 1975. Effect of level of crude fiber, protein and bulk in diets for finishing hogs. **J. Anim. Sci.** 41: 1039-1047.

Kennelly, J.J. and F.X. Aherne. 1980. The effect to fiber in diets fo formulated to contain difference level of energy and protein coefficients in swine. **J. Anim. Sci.** 60: 716-717.

Kampiang, I.P., T. Supriyati and J. Darma. 1994. Nutritive value of protein enriched Cassava:Cassapo. **Ilmu dan Perternalan** 7 (2): 22-25.

Marques, J.D.A., D. Maggioni, R.E.D. Silva, I.N. Prado, F.L.B. Cavaliere, S. F.C. Neto and F. Zawadzki. 2005. Partial replacement of corn by cassava starch byproduct on performance and carcass characteristic of feedlot heifers. **Arch. Latinoam Prod. Anim.** 13 (3): 103-108.

Mcdonald, P., R.A. Edward, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan. 2002. **Animal Nutrition**. 6 ed. Ashford ress Ltd., Gosport.

Nationnal Research Council. 1998. **Nutrition Requirement of Swine**. 10 ed. National Academy Press, Washington D.C..

Nguyaun, V.P. and V.N. Nguyaun. 2003. **Protein enrich of cassava byproduct using Asperfillus niger and feeding to pigs**. Available Source: <http://www.mekarn.org/sareco3/phong%20hue.html>, December 20, 2006.

Oke, O.L. 1978. Problems in the use of cassava as animal feed. **Anim. Feed Sci. Tech.** 3: 345-380.

Pond, W.G. and J.H. Maner. 1984. **Swine Production and Nutrition**. AVI Publishing Company, Inc., Wesrport Connecticut USA.

Pulungan, A. and Bhakti B.N. 1984. The substitution of concentrate with cassava root meals in the diets of growing sheep. **LLP. Bullentin** 29: 1-13.

Rakshit, S.K. 2003. **Recent trends in cassava starch product and application**. Available Source: <http://www.dgfdt/oods/st00/rakshint.pdf>, July 17, 2007.

Sonaiya, E.B. and T.A. Omole. 1983. Cassava meal and cassava peel meal in diets foe growing pigs. **Anim. Feed Sci. Tech.** 8: 211-220.

Sriroth, K., R. Chalkup, S. Chotineeranat, K. Piyachonmkwan and C.G. Oates. 2000. Processing waste for improveed biomass utilization. **Bioresourcec Tech.** 71: 63-69.

Sriroth, K., V. Santisopasri, K. Piyachomkwan and C.G. Oates. 1998. Comparision of varietiesand harvesting time on changes in extracted starch from cassava root, pp. 391-394. *In* **P.J. Larkin, ed. Asia Pacific Comference on Agricutural Biotechnology 4. ed.** Darwin, Australia.

M.H., Sumangkut, K. Maksum and S.E. Siregar. 1976. The use of cassava root meal vs. cassava fiber in the concentrate containing urea in the diets of young daily cattle. **LPP Bullentin** 16: 1-15.

Twe, O.O. and G.N. Egbunike. 2006. **Utilization of cassava in non-ruminant livestock feed.** Available Source: <http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5458e06.html>, October 12, 2006.

Yuwares, R. 2004. **Lipid and Protein Quality of Poultry By-Products Preserved by Phosphoric Acid Stabilization.** Degree of Doctor of Philosophy thesis, North Carolina Strate University.

ภาคผนวก

วิธีการวิเคราะห์หาโครมิกออกไซด์ในอาหารและมูล (Bolin et al., 1952)

อุปกรณ์

1. เตาหย่อย (kjeldahl apparatus)
2. เตาหย่อยพลาสติก (kjeldahl flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
3. ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 100 และ 1000 มิลลิลิตร
4. กรวยกรอง (funnel)
5. กระดาษกรอง (filter paper) เบอร์ 40
6. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย (spectrophotometer)

สารเคมีที่ใช้

1. สารโซเดียมโมลิบเดต (sodium molybdate : $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
2. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์
3. กรดเปอร์คลอริก (HClO_4) ความเข้มข้น 70-72 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนการเตรียมสารเคมี

สารละลายออกซิไดซิงรีเอเจนต์ (oxidizing reagent)

เตรียมสารที่ปริมาตร 500 มิลลิลิตร โดยชั่งสารโซเดียมโมลิบเดต (sodium molybdate) ปริมาณ 11.75 กรัม ใส่ลงในพลาสติกปริมาตร 1000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 150 มิลลิลิตร ลงไปแล้วนำพลาสติกไปวางลงในอ่างน้ำแข็ง ต่อจากนั้นค่อยๆ ทำการเติมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ที่ความเข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 150 มิลลิลิตร โดยทำการแบ่งใส่ 3 ครั้งๆ ละ 50 มิลลิลิตร (พักครั้งละ 5 - 10 นาที แล้วค่อยใส่ครั้งต่อไป) และในการเทควรค่อยๆ เทลงตามขอบของพลาสติก เมื่อเสร็จแล้วขั้นตอนต่อมาเติมกรดเปอร์คลอริก (HClO_4) ที่ความเข้มข้น 70-72 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 200 มิลลิลิตร โดยทำการแบ่งใส่ 3 ครั้งๆ ละ 50 มิลลิลิตร เช่นเดียวกัน เสร็จเรียบร้อยแล้ว ทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปใช้

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ขั้นตอนการย่อย

1.1 ชั่งตัวอย่างใส่เจตาห์สฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร โดยที่ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 1.5 กรัม และชั่งตัวอย่างมูลประมาณ 0.5 กรัม

1.2 เติมน้ำตาลละลายออกซิไดซิงรีเอเจนต์ 12-15 มิลลิลิตร

1.3 นำไปย่อยบนเตาย่อยด้วยไฟขนาดปานกลางจนน้ำตาลละลายเป็นสีเหลือง หรือสีส้ม และมีสีส้ม และมีไอน้ำเกาะที่บริเวณผิวด้านในของหลอด ทิ้งไว้สักครู่แล้วจึงนำออกมาใส่ช่องดูดควันทิ้งไว้ให้เย็น โดยที่ในขณะที่ย่อยจะทำการเขย่าฟลาสก์เป็นครั้งคราว เพื่อให้ตัวอย่างที่ติดอยู่รอบๆฟลาสก์ถูกออกซิไดซิงรีเอเจนต์ย่อยจนสมบูรณ์

1.4 เติมกรดเปอร์คลอริก 3 มิลลิลิตร แล้วนำไปย่อยต่ออีกครั้ง จนปรากฏไอน้ำเกาะที่บริเวณผิวด้านในของฟลาสก์ ทิ้งไว้สักครู่แล้วจึงนำออกมาใส่ช่องดูดควัน แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

2. ขั้นตอนปรับปริมาตร

เทสารละลายที่ได้จากการย่อยลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ทำการล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 3 – 4 ครั้ง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็น

3. ขั้นตอนการกรอง

นำสารละลายที่ปรับปริมาตรเรียบร้อยแล้วมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40

4. ขั้นตอนการวัดค่าดูดกลืนแสง

นำสารละลายที่กรองเรียบร้อยแล้วไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank (โดย blank นั้นทำทุกขั้นเหมือนตัวอย่างแต่ไม่ได้ตัวอย่าง) โดยทำการปรับค่าการดูดกลืนแสงของ blank ให้เป็นศูนย์ด้วยการ set auto zero

5. ขั้นตอนการคำนวณ

จากวิธีการดังกล่าวเราสามารถคำนวณหาปริมาณโครมิกออกไซด์ในตัวอย่างอาหาร และผลที่ได้จากการทดลองได้ดังสมการ

$$\text{ปริมาณโครมิกออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{A \times EF \times \text{mlAI} \times 1000}{1000 \times W}$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

mlAI = ปริมาณของสารละลายที่ได้หลังจากขั้นตอนการปรับปริมาตร

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ย่อย

EF = ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของโครมิกออกไซด์ระดับต่างๆ จากการทำ
Standard curve/ค่าการดูดกลืนแสง

หมายเหตุ ค่า EF โดยปกติมีค่าอยู่ระหว่าง 389 - 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

การประเมินคุณภาพซากสุกรมีชีวิตโดยวิธีการรีลไทม์อัลตราซาวด์ (Real-time Ultrasound)

การประเมินคุณภาพซากของสุกรนั้นอาจกระทำได้โดยการสุ่มสุกรมาฆ่า และทำการวัดความหนาไขมันสันหลัง การวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน การชำแหละเนื้อแดงเพื่อหาเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ซึ่งค่าที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการชำแหละซากสุกร นอกจากนี้จำเป็นต้องฆ่าสุกรจำนวนหนึ่งทำให้มีการสูญเสียมากถ้าหากสุกรที่ถูกฆ่านั้นมีลักษณะซากดี ในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องรีลไทม์ อัลตราซาวด์ มาใช้ในการประเมินคุณภาพซากสุกรได้โดยไม่ต้องฆ่าสุกร และมีค่าที่แม่นยำมากกว่าการชำแหละซากสุกร

หลักการทำงานของรีลไทม์อัลตราซาวด์

หลักการของรีลไทม์อัลตราซาวด์ คือ การส่งคลื่นเสียงไปกระทบกับชิ้นต่างๆ ของเนื้อเยื่อที่แตกต่างกัน เช่น เนื้อแดง ไขมัน และกระดูก คลื่นเสียงนี้จะมีค่าสูงมาก ส่วนที่ทำให้เกิดคลื่นเสียง คือ ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) ซึ่งภายในประกอบด้วยคริสตัล (Crystal) เรียกเป็นเส้นตรงจำนวน 46-100 อัน ตัวคริสตัลนี้จะผลิต และรับสัญญาณคลื่นเสียงได้ 15-30 ครั้งต่อวินาที พลังงานไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนไปเป็นคลื่นเสียงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า และปรากฏภาพขึ้นบนจอภาพ

อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1. ตัวเครื่องที่ทำหน้าที่ส่งคลื่นเสียง และแปลงสัญญาณเป็นภาพ (Aloka and Transducer)
2. ซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ และแปรผลจากภาพที่ได้จากเครื่องรีลไทม์อัลตราซาวด์ ซึ่งได้มีการปรับสมการในการคำนวณให้เหมาะเครื่องรีลไทม์อัลตราซาวด์สมกับสุกรในประเทศไทย

วิธีการประเมินคุณภาพซากสุกรมมีชีวิต

1. ชั่งน้ำหนักสุกร
2. จับสุกรให้อยู่ในท่าที่นิ่ง
3. ใช้น้ำมันพืชทาลงบนบริเวณกระดูกซี่โครงที่ 10 กับ 11
4. ใช้ทรานสดิวเซอร์กดทับลงบริเวณหลังสุกรตรงตำแหน่งที่ทาน้ำมันพืช
5. เมื่อเห็นภาพพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันบนจอภาพปรากฏขึ้นชัดเจนแล้ว ให้หยุดภาพนิ่งไว้เพื่อทำการบันทึกภาพลงในเทปบันทึกภาพ
6. บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับเบอร์ เพศ พันธุ์ น้ำหนักของสุกรลงในเครื่องก่อนที่จะทำการบันทึกภาพพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันลงในเทปบันทึกภาพ
7. นำภาพพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงโดยโปรแกรมออสดี (Ausky) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้กับเครื่องรีลไทม์อัลตราซาวด์
8. เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์มีข้อมูลของน้ำหนักสุกร ความหนาไขมันสันหลัง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันครบ เครื่องจะคำนวณเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงออกมา

ประโยชน์ที่ได้จากการใช้การประเมินคุณภาพจากโดยวิธีรีลไทม์อัลตราซาวด์

ทำให้ผู้เลี้ยงสุกรสามารถที่จะทราบเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และความหนาไขมันสันหลังของสุกรได้ และสามารถทำการคัดเลือกพันธุ์ที่มีเนื้อแดงมากๆ ไว้ทำพันธุ์ และในกรณีของโรงฆ่าสัตว์ที่มีการซื้อขายสุกรโดยใช้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเป็นหลังในการให้ราคาก็สามารถใช้เครื่องรีลไทม์อัลตราซาวด์ในการตีราคาสุกรนั้นๆ ได้ ซึ่งจะทำให้ความยุติธรรมแก่ผู้เลี้ยงสุกรมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ผู้เลี้ยงสุกรพยายามที่จะปรับปรุงพันธุ์สุกรของตนให้ดีขึ้นต่อไป

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ปริมาณอาหารที่กิน (ADFI) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของสุกรเล็กที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน

Source	df	ADG		ADFI		FCR	
		MS	F	MS	F	MS	F
Block	1	3,069.61	3.95 ^{NS}	0.007	2.47 ^{NS}	0.0004	0.16 ^{NS}
Treatment	2	2,425.78	3.12 ^{NS}	0.004	1.51 ^{NS}	0.0007	0.26 ^{NS}
Error	32	777.56		0.003		0.0025	
Total	35						

หมายเหตุ NS = แสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

%CV ADG = 3.31%, ADFI = 3.51%, FCR = 2.75%

Pool SE ADG = 27.85, ADFI = 0.054, FCR = 0.050%

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ปริมาณอาหารที่กิน (ADFI) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของสุกรรุ่นที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน

Source	df	ADG		ADFI		FCR	
		MS	F	MS	F	MS	F
Block	1	4,019.31	1.76 ^{NS}	0.0035	1.44 ^{NS}	0.008	0.90 ^{NS}
Treatment	2	1,515.36	0.66 ^{NS}	0.0005	0.18 ^{NS}	0.007	0.73 ^{NS}
Error	32	2,288.95		0.0025		0.009	
Total	35						

หมายเหตุ NS = แสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

%CV ADG = 4.91%, ADFI = 2.14%, FCR = 3.93%

Pool SE ADG = 47.84, ADFI = 0.049, FCR = 0.095%

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ปริมาณอาหารที่กิน (ADFI) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของสุกรขุนที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน

Source	df	ADG		ADFI		FCR	
		MS	F	MS	F	MS	F
Block	1	0.25	0.01 ^{NS}	0.014	1.62 ^{NS}	0.031	1.53 ^{NS}
Treatment	2	1,234.15	1.34 ^{NS}	0.011	1.24 ^{NS}	0.006	0.27 ^{NS}
Error	32	923.97		0.009		0.021	
Total	35						

หมายเหตุ NS = แสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

%CV ADG = 3.37%, ADFI = 3.43%, FCR = 3.01%

Pool SE ADG = 30.40, ADFI = 0.094, FCR = 0.143%

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ปริมาณอาหารที่กิน (ADFI) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของสุกรตลอดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน

Source	df	ADG		ADFI		FCR	
		MS	F	MS	F	MS	F
Block	1	1,922.15	2.94 ^{NS}	0.006	0.26 ^{NS}	0.050	1.02 ^{NS}
Treatment	2	1,834.80	2.81 ^{NS}	0.006	0.27 ^{NS}	0.003	0.06 ^{NS}
Error	32	653.47		0.023		0.049	
Total	35						

หมายเหตุ NS = แสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

%CV ADG = 3.01%, ADFI = 6.67%, FCR = 8.3%

Pool SE ADG = 25.56, ADFI = 0.151, FCR = 0.223%

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันสันหลัง (BF) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (LEA) และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (LP) ของสุกรได้รับอาหารผสมกากมันสำปะหลังในระดับต่างๆ กัน

Source	df	BF		LEA		LP	
		MS	F	MS	F	MS	F
Block	1	0.095	8.96 ^{**}	12.47	2.63 ^{NS}	0.105	0.14 ^{NS}
Treatment	2	0.002	0.21 ^{NS}	9.03	1.90 ^{NS}	1.485	1.95 ^{NS}
Error	32	0.011		4.74		0.763	
Total	35						

หมายเหตุ NS = แสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

^{**} = แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

%CV BF = 7.28%, LEA = 5.67%, LP = 1.58%

Pool SE BF = 0.103, ADFI = 2.177, FCR = 0.874%

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวพรทิมล ดนสิงห์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 12 ตุลาคม 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี สาขาสัตวศาสตร์ วิชาเอกอาหารสัตว์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและวางแผน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท วิ.ซี.เอฟ.กรุ๊ป จำกัด